

# ANÁLISIS DE LA SERIE DE PRECIOS DEL TRIGO MEDIANTE LA METODOLOGÍA BOX-JENKINS, Y SU COINTEGRACIÓN CON LAS SERIES DE PRECIOS DE PRODUCTOS DERIVADOS

## ANALYSIS OF THE WHEAT PRICES SERIES BY BOX-JENKINS METHODOLOGY, AND HIS COINTEGRACION WITH THE PRICE SERIES OF DERIVATIVE PRODUCTS

HANNS DE LA FUENTE MELLA <sup>1</sup>  
 NICOLÁS ALEJANDRO LORCA CORREA <sup>2</sup>  
 FERNANDO ANTONIO ROJAS BAÑADOS <sup>2</sup>  
 JOSÉ LUÍS ROJAS FUENTES <sup>2</sup>

Universidad de Talca, Talca, Chile

### RESUMEN

El siguiente estudio presenta un análisis de series temporales de los precios reales del trigo en Chile, para el período comprendido entre el mes de enero de 1990 y enero de 2007, utilizando la metodología Box-Jenkins. Además, se presenta un análisis de cointegración entre los precios reales del trigo y algunos de sus derivados como el Pan, la Harina y los Tallarines. La muestra fue ajustada con un modelo ARIMA (2,1,1), mostrando algunos inconvenientes en una de las hipótesis que el procedimiento necesita confirmar, lo que fue solucionado aplicando la "Ley de Los Grandes Números", es decir, utilizando el teorema del límite central. Respecto de la cointegración, nuestro supuesto de la existencia de ésta fue validado mediante el test de Phillips-Perron para raíces unitarias, demostrando cuantitativamente la existencia de cointegración entre los precios del trigo y sus derivados en estudio. Además, se valida la hipótesis de estacionalidad de los precios del trigo para los meses de Noviembre, Diciembre y Enero debido a la escasez del producto en dichos períodos. Finalmente, la presencia de cointegración demostrada sirve de incentivo para que futuros investigadores puedan utilizar estos resultados, con el objeto de realizar pronósticos para el precio del trigo y sus derivados, pensando en la existencia de un equilibrio estable entre las variables.

**Palabras clave:** Cointegración, Metodología Box-Jenkins, Trigo.

<sup>1</sup> Profesor del Departamento de Modelación y Gestión Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad de Talca – Chile. Camino a Los Niches, s/n, Curicó – Chile.  
 e-mail: hdelafuente@utalca.cl

<sup>2</sup> Estudiante de la carrera Ingeniería Civil Industrial, Universidad de Talca.

## ABSTRACT

The following study presents a serial temporal analysis of the real prices of Wheat in Chili, for the period between, January, 1990 and January 2007, using the Box- Jenkins methodology. Besides, we present an analysis of cointegration between the real prices of Wheat and some of his derivatives products like bread, Flour and noodles. We suppose cointegration that was confirmed with the Phillip-Perron test. The sample of data was fitted with a model ARIMA (2,1,1) showing some troubles in one of the hypothesis that the procedure need to confirm. That was solved by applying the "Big Numbers Law", it means through the Central Limit Theorem. Over cointegration, our course about its existence was validated by the Phillips-Perron test for unit roots, demonstrating quantitatively the existence of cointegration between the prices of Wheat and his derivatives under study. Besides, the seasonality hypothesis of Wheat prices was validated for the months of November, December and January due to the shortage of the product on these periods. Finally, the presence of cointegration demonstrated here it's useful for futures researchers in order to make forecasting for Wheat prices and his derivatives, thinking about the existence of a stable equilibrium between the variables.

**Key words:** Cointegration, Methodology Box-Jenkins, Wheat.



## 1. INTRODUCCIÓN

Según el VII Censo Agropecuario y Forestal, el trigo es el cultivo más importante para Chile en términos de volumen, superficie y valor económico de la producción. Así, posee significativos componentes sociales y laborales debido al gran requerimiento de mano de obra que genera, como también por las numerosas explotaciones agrícolas, para quienes el trigo representa un recurso esencial de rotación, producción y comercialización. Además, los productos alimenticios derivados del trigo (harina, pan y pastas en general) tienen una participación en el IPC del 3%, aproximadamente.

En Chile, el consumo de los derivados del trigo, como son la harina, el pan y las pastas, en general son altamente consumidos por la población chilena. Por lo anterior, resulta muy interesante poder comprobar si el comportamiento del precio de estos productos (derivados del trigo) versus el comportamiento del precio del trigo, presentan un comportamiento libre de resultados espurios. Es decir, comprobar la existencia de cointegración entre el trigo y sus productos derivados, y así la relación entre las variables del modelo daría validez al mismo en el largo plazo (Engle and Granger, 1987; Aznar, 2005).

Para completar este análisis sobre el trigo, se construyó un modelo econométrico estimativo del precio del trigo, en el cual se incluye la estacionalidad que el mercado de este producto posee en los meses de Noviembre, Diciembre y Enero. Los datos sobre el precio del trigo sobre el cual se basan los análisis de este estudio, son datos mensuales entregados por la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA)<sup>3</sup>, desde Enero de 1990 hasta Enero de 2007. Debido a la naturaleza de los datos correspondientes al precio del trigo con los cuales se trabajará, que para este caso poseen una frecuencia mensual, y que además se encuentran ordenados cronológicamente, la metodología que se aplica corresponde a econometría de series temporales (Greene, 1999; Rodríguez, 2001). Para desarrollar este modelo, nos basamos en la metodología que proponen Box-Jenkins (1976) para la elaboración de un modelo del tipo ARIMA<sup>4</sup>, el cual, entre otras cosas, podría ser utilizado para predecir el precio del commodity trigo. Todos los análisis de validación del modelo fueron realizados mediante el software EViews 4.1.

Para comprobar la hipótesis de cointegración entre el precio del trigo y sus productos derivados (harina, pan y tallarines), se utilizaron series de precios en base a un mismo periodo para cada uno de los productos ya nombrados. Como se mencionó anteriormente, estos datos fueron obtenidos de ODEPA.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1. Antecedentes y estado actual del tema de estudio

El trigo es el cultivo más importante para Chile en términos de volumen, superficie y valor económico de la producción. Según el VII Censo Agropecuario y Forestal, la superficie dedicada a este cultivo se extiende desde la I a la X región, alcanzando un área de 370.685 ha (hectáreas), lo cual se traduce en una producción de 13.997.239 qqm (quintales métricos) de trigo. Este cultivo se concentra principalmente entre la VII y IX región, donde se siembra y produce sobre

<sup>3</sup> ODEPA: Oficina de Estudios y Políticas Agrarias. Servicio público centralizado, dependiente del Presidente de la República a través del Ministerio de Agricultura, creado mediante la Ley N° 19.147, publicada en el Diario Oficial del 21 de Julio de 1992, Chile.

<sup>4</sup> Proceso propuesto por Box and Jenkins (1976).



el 80% del total nacional (ODEPA, INE <sup>5</sup>).

Este cultivo, además posee significativos componentes sociales y laborales debido al gran requerimiento de mano de obra que genera, así como también por las numerosas explotaciones agrícolas para quienes el trigo representa un recurso esencial de rotación, producción y comercialización. Además, los productos alimenticios derivados del trigo (harina, pan y pastas en general) tienen una participación en el IPC del 3%, aproximadamente.

Respecto al comportamiento del precio del trigo, éste presenta una marcada estacionalidad en los meses previos a la cosecha, es decir, entre Noviembre y Enero principalmente, ya que a esta altura del año las reservas de trigo que se encuentran en los diferentes molinos comienzan a agotarse, lo que produce que el precio al cual se transa el trigo sufra una brusca alza. Esta situación es diferente durante el resto del año, ya que de Febrero en adelante los campos sembrados con trigo se comienzan a cosechar, produciéndose una alta oferta de trigo por parte de los agricultores, lo que se traduce en una fuerte caída en su precio. Luego de este periodo, el precio del trigo comienza a elevarse paulatinamente, ya que los agricultores (motivados principalmente por excesiva oferta y el bajo precio de éste) deciden guardar sus cosechas entre las diferentes empresas especializadas para la guarda de este tipo de productos (principalmente empresas molineras). Este proceso hace que el precio del trigo comience a elevarse a medida que pasa el tiempo, ya que al almacenar el trigo (y cualquier cereal) significa realizar un mayor gasto de energía y mano de obra por parte de estas empresas especializadas en la guarda de cereal. Además, a medida que pasan los meses para la oferta de trigo, comienza a disminuir en el mercado nacional, lo cual también influye en el aumento de su precio.

Respecto al consumo de trigo en el país, este es de 150 kilos/habitante/año, lo que nos sitúa como el de mayor consumo a nivel del Cono Sur, estimándose que sobre el 40% de las calorías y el 45% de las proteínas, que como promedio consume diariamente el chileno, provienen de este cultivo (INIA<sup>6</sup>).

Nuestro país, según un estudio publicado en el año 2007 por la consultora LatinPanel<sup>7</sup>, es el segundo consumidor de pan (derivado del trigo) en el mundo, con 98 kilos al año per cápita, sólo superado por Alemania. El estudio mostró también que en 2006 cada hogar consumió en promedio 208 kilos de pan y gastó \$123 mil por familia. Respecto a las pastas, si bien Italia es el mayor consumidor, Chile se encuentra entre los 5 primeros consumidores per cápita de pasta a nivel mundial.

Tal como se mencionó anteriormente, Chile presenta un alto consumo en los derivados del trigo. Además, en el último tiempo, el precio de los derivados de éste han sufrido una considerable alza, por lo cual es interesante poder analizar la cointegración que hay entre ellos, principalmente porque esto permitiría tener un conocimiento detallado sobre la influencia del precio del trigo en el precio de sus derivados. Ello confirmaría una relación no espuria entre estas variables y su estabilidad en el comportamiento de largo plazo.

<sup>5</sup> INE: Instituto Nacional de Estadísticas, Chile. Fundado en 1843. Cuenta en su quehacer numerosos Censos, encuestas y estudios de la realidad nacional.

<sup>6</sup> INIA: Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, dependiente del Ministerio de Agricultura, Chile.

<sup>7</sup> "El consumo de pan en Chile". Estudio realizado en Chile desde Enero a Diciembre del año 2006, y publicado en el 2007 por la empresa consultora de paneles para consumidores de América Latina LatinPanel.



2. 2. Análisis de datos

Para modelar la serie de precios reales del trigo (\$/ton) utilizando los datos para el periodo Enero 1990 – Enero 2007 (ODEPA, 2007), mediante un proceso ARIMA, es necesario primero asegurar la estacionariedad de la serie (Box and Jenkins, 1976). A continuación se muestra la serie original (Figura N° 1a) junto a su respectivo correlograma (Figura N° 1b) a fin de observar gráficamente su comportamiento.

Figura N° 1a: Serie original

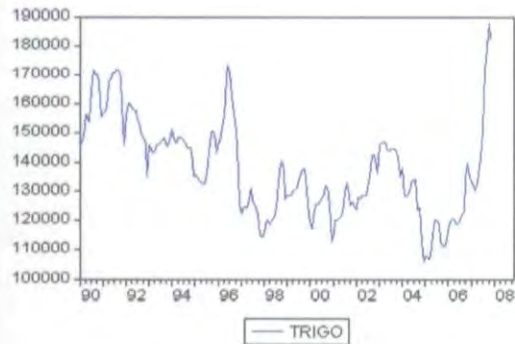
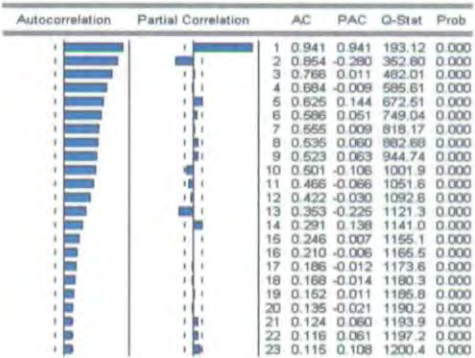


Figura N° 1b: Correlograma



Fuente: Elaboración propia

Por inspección de la serie original y comprobando con los resultados del correlograma, podemos afirmar que la serie en su estado original no es estacionaria (Aznar and Trivez, 1993), motivo por el cual se procederá a analizar la serie en sus primeras diferencias mediante su gráfica y su correlograma (Figuras N° 2a y N° 2b respectivamente).

Figura N° 2a: Primeras diferencias

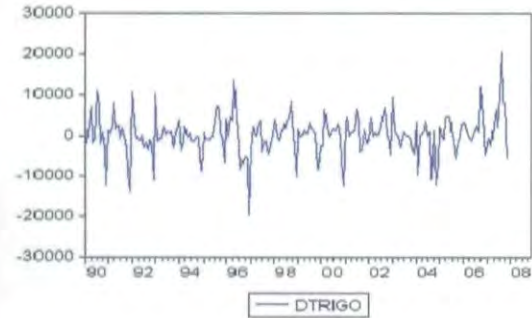
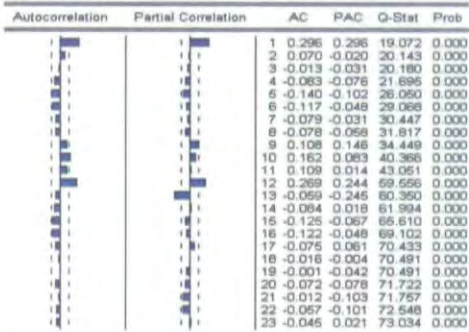


Figura N° 2b: Correlograma



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a esto, se observa ahora que la serie tiene un comportamiento prácticamente estacionario. Ahora bien, mediante el Test de Dickey-Fuller<sup>8</sup> se comprueba que ya no es necesario seguir diferenciando aceptando la hipótesis nula y considerando, además,

<sup>8</sup> t-Statistic = -10.65755; Prob.= 0.0000

que la serie de residuos posee media cero; es decir, el intercepto es cero al 5% de significancia<sup>9</sup>. En resumen, podemos decir que la serie  $\Delta Trigo$  es estacionaria y no presenta intercepto.

### 2.3. Modelo tentativo

De acuerdo a la metodología Box Jenkins, por inspección visual del correlograma y teniendo presente que la serie es estacionaria en sus primeras diferencias, además de la ausencia de intercepto, proponemos el siguiente modelo tentativo para la serie de precios reales del trigo (eq.1) el cual corresponde a un proceso ARIMA (2,1,1).

$$\Delta Trigo_t = \phi_1 \Delta Trigo_{t-1} + \phi_2 \Delta Trigo_{t-2} - \theta_1 \mu_{t-1} + \mu_t \quad (1)$$

### 2.4. Validación del modelo

Para la etapa de validación se usaron los test de estructura ARCH LM<sup>10</sup> para contrastar heteroscedasticidad, para autocorrelación conjunta e individual los test referentes a Ljung Box<sup>11</sup> y FAC respectivamente. Por último, Jarque-Bera<sup>12</sup> para verificar normalidad de los residuos. Se observa, según la probabilidad de Jarque-Bera, que se debería rechazar la hipótesis nula, por lo cual se asumiría que los residuos no distribuyen normal. Pero, se justifica en este caso que los problemas de normalidad se deben a la presencia de "kurtosis" en los datos; todo esto hace referencia a datos atípicos presentes en muestras grandes (Greene, 1999). Según algunos autores, aunque las variables endógenas no provengan de una distribución normal, se puede usar el teorema central del límite para concluir que los estimadores MCO son asintóticamente normales, lo que significa que están aproximadamente distribuidos como una normal para tamaños muestrales suficientemente grandes (Hausman, 1978; Wooldridge, 2006). Por lo tanto, todos los test aplicados validan entonces las hipótesis del modelo econométrico planteado.

### 2.5. Análisis de Cointegración

Para comprobar nuestro supuesto en base a la existencia de cointegración entre el precio del trigo y sus derivados, siendo estos, para nuestro estudio, el pan, la harina y los tallarines, procedemos primeramente a analizar de forma gráfica el comportamiento de sus series de precios en el tiempo (Figura N° 3).

<sup>8</sup> t-Statistic = -10.65755; Prob.= 0.0000

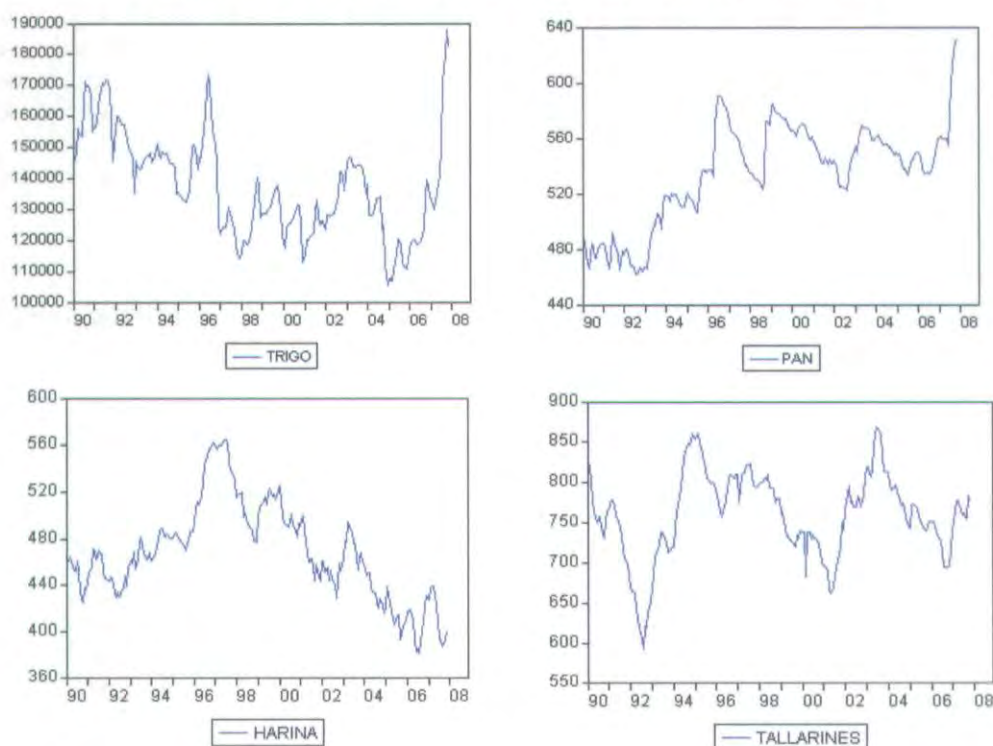
<sup>9</sup> t-Statistic = 0.48994; Prob.= 0.6247

<sup>10</sup> F-Statistic = 0.581039; Prob.= 0.446765

<sup>11</sup>  $X^2_{11-3} = 15.51$ ; Qstat = 12.861

<sup>12</sup> Jarque-Bera = 66.03728; Prob. = 0.000000; Kurtosis = 5.577619



**Figura N° 3:** Series de precios Trigo, Pan, Harina y Tallarines

Fuente: Elaboración propia

Si bien, a simple vista, las series no tienen un comportamiento aparentemente similar, suponemos que los derivados de un cierto producto deben comportarse de manera similar en el largo plazo en lo que a sus precios se refiere. Bajo esta hipótesis, es que se comprobará estadísticamente la supuesta relación de cointegración existente entre el trigo y sus derivados, verificando primero que todas las series deben ser integradas de orden 1 mediante el test de Dickey-Fuller Aumentado para Raíces Unitarias. Luego se realiza la regresión entre el precio del trigo y cada uno de sus derivados, a fin de analizar la serie de residuos generada por cada modelo, esto a través del contraste de Phillips-Perron de raíces unitarias, el cual postula como hipótesis nula la existencia de cointegración.

Los modelos de regresión utilizados fueron los siguientes:

$$Trigo = \beta_0 + \beta_1 * Pan + \mu_1 \quad (2)$$

$$Trigo = \beta_2 + \beta_3 * Harina + \mu_2 \quad (3)$$

$$Trigo = \beta_4 + \beta_5 * Tallarines + \mu_3 \quad (4)$$

Los resultados respecto de la integración de orden 1 de las series de los tallarines, harina y pan, fueron satisfactorios, comprobando que todas las series en estudio son integradas de orden 1 mediante el test de Dickey-Fuller <sup>13</sup> en el período Enero 1990-Enero 2007.

<sup>13</sup> **Tallarines:** t-Statistic = -11.48266; Prob.= 0.0000; **Harina:** t-Statistic = -13.28243; Prob.= 0.0000; **Pan:** t-Statistic = -10.49947; Prob.= 0.0000

Al analizar las series de residuos para las tres relaciones de cointegración establecidas, para los tres derivados del trigo considerados (eq. 2, 3 y 4)<sup>14</sup>, se observa mediante los resultados de la aplicación del test de Phillips-Perron que para el periodo de estudio las tres series están cointegradas, lo cual soporta estadísticamente nuestra hipótesis de que los precios reales de los productos derivados del trigo se comportan de manera similar en el tiempo; es decir, están cointegrados.

### 3. RESULTADOS

En cuanto a la significatividad del modelo, la Tabla N° 1 muestra los resultados obtenidos en la estimación del modelo mediante el software Eviews 4.1.

Tabla N° 1: Resultados estimación software Eviews 4.1

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
AR (1)	1.102945	0.312139	3.533512	0.0005
AR (2)	-0.302533	0.128629	-2.351982	0.0196
MA (1)	-0.717139	0.312178	-2.297212	0.0226
@seas(1)	2687.397	943.9458	2.846983	0.0049
@seas(11)	-3159.624	928.2137	-3.403984	0.0008
@seas(12)	-7214.090	1004.784	-7.179741	0.0000
R-Squared	0.362078	Mean dependent var		158.1892
Adjusted R-Squared	0.346595	S.D. dependent var		4814.088
S.E. of regression	3891.395	Akaike info criterion		19.39882
Sum squared resid	3.12E+09	Schwarz criterion		19.49381
Log likelihood	-2050.275	Durbin-Watson stat		1.992735
Invertid AR Roots	.59	.51		
Invertid MA Roots	.72			

Fuente: Elaboración propia

Así, el modelo queda especificado de la siguiente manera:

$$\Delta Trigo_t = 1.102945 * \Delta Trigo_{t-1} - 0.302533 * \Delta Trigo_{t-2} + 0.717139 * \mu_{t-1} + 2687.397 * E_1 - 3159.624 * E_{11} - 7214.090 * E_{12} + \mu_t \quad (5)$$

donde,

$E_1$ ,  $E_{11}$ , y  $E_{12}$  = Variables estacionales para los meses de Enero, Noviembre y Diciembre.

Además de la significatividad estadística de los coeficientes auto-regresivos y de media móvil propios del modelo, se observa que las componentes de *estacionalidad* incorporadas al modelo para los meses de Noviembre, Diciembre y Enero ( $E_{11}$ ,  $E_{12}$  y  $E_1$  respectivamente), son de igual forma estadísticamente significativas.

En cuanto a la cointegración, los resultados para el contraste de Phillips-Perron de raíces unitarias, para las series de residuos referentes a las ecuaciones de regresión, entre el precio del Trigo y el de cada uno de sus derivados, se presentan a continuación (Tablas N° 2a, 2b y 2c).

<sup>14</sup>  $\mu_1$  : Trigo-Pan;  $\mu_2$  : Trigo-Harina;  $\mu_3$  : Trigo-Tallarines



**Tabla N° 2a:** Resultado cointegración Trigo-Pan

Null Hypothesis: RESIDTRIGOPAN has a unit root		
Exogenous: Constant, Linear Trend		
Bandwidth: 3 (Newey-West using Bartlett kernel)		
	Adj. t-Stat	Prob.*
Phillips-Perron test statistic	-1.666478	0.7628
Test critical values:	1% level	-4.001516
	5% level	-3.430963
	10% level	-3.139114
*MacKinnon (1996) one-sided p-values.		
Residual variante (no correction)		26329633
HAC corrected variance (Bartlett kernel)		42780087

Fuente: Elaboración propia

**Tabla N° 2b:** Resultado cointegración Trigo-Harina

Null Hypothesis: RESIDTRIGOHARINA has a unit root		
Exogenous: Constant, Linear Trend		
Bandwidth: 1 (Newey-West using Bartlett kernel)		
	Adj. t-Stat	Prob.*
Phillips-Perron test statistic	-1.346358	0.8734
Test critical values:	1% level	-4.001516
	5% level	-3.430963
	10% level	-3.139114
*MacKinnon (1996) one-sided p-values.		
Residual variance (no correction)		22732881
HAC corrected variance (Bartlett kernel)		29498474

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 2c: Resultado cointegración Trigo-Tallarines

Null Hypothesis: RESIDTRIGOTALLARINES has a unit root		
Exogenous: Constant, Linear Trend		
Bandwidth: 1 (Newey-West using Bartlett kernel)		
		Adj. t-Stat
		Prob.*
Phillips-Perron test statistic		-1.244033
		0.8981
Test critical values:	1% level	-4.001516
	5% level	-3.430963
	10% level	-3.139114
*MacKinnon (1996) one-sided p-values.		
Residual variance (no correction)		22560276
HAC corrected variance (Bartlett kernel)		29364879

Fuente: Elaboración propia

4. DISCUSIÓN

En cuanto a la significatividad de los componentes de estacionalidad incorporados en los modelos, su significatividad estadística comprueba cuantitativamente nuestras suposiciones, ya que efectivamente durante los meses de Noviembre, Diciembre y Enero, el precio del trigo alcanza sus valores máximos año tras año debido a la escasez del producto en dicha fecha, pues lo que se vende durante este período es lo último que queda de las cosechas anteriores, por lo que el precio se eleva por sobre los niveles usuales.

Respecto de la cointegración entre los precios del trigo, el pan, la harina y los tallarines, la validación de nuestra hipótesis mediante los test aplicados, muestra claramente que los precios de los productos derivados del trigo se comportan similarmente al precio de éste en el largo plazo, debido a que el trigo es una de las materias primas mas importantes en cada uno de estos productos derivados, por lo cual ante variaciones en el precio del trigo sus derivados se ven afectados de manera similar.

A través de la obtención de un modelo de series de tiempo para el precio del trigo, y habiendo comprobado satisfactoriamente la cointegración existente entre el precio de éste y sus derivados, resulta interesante para futuras investigaciones realizar pronósticos para el precio del trigo obteniendo a la vez pronósticos para el pan, la harina y los tallarines mediante el modelo desarrollado en este estudio.



## 5. REFERENCIAS

- Aznar, A. (2005). *Curso de Econometría*. Edición Revisada, Departamento de Análisis Económico. Universidad de Zaragoza.
- Aznar, A. and Trivez, J. (1993). *Métodos de predicción en Economía II. Análisis de Series Temporales*. Madrid: Ariel Economía.
- Box, G.E.P. and Jenkins, G.M. (1976). *Time Series Analysis: Forecasting and Control*. Editorial Holden-Day, San Francisco. Segunda Edición.
- Engle, R.F. and Granger, C.W.J. (1987). *Co-integration and Error Correction: Representation, Estimation and Testing*. *Econometrica*, vol. 55, pp. 251-276.
- Greene, W.H. (1999). *Análisis Económico*. Prentice Hall, Tercera Edición.
- Hausman, J. A. (1978). *Specification test in econometrics*. *Econometrica*, vol. 46, pp. 1251-1271.
- Rodríguez, C. R. (2001). *Modelos Box-Jenkins. Aplicación de su metodología a la producción de azúcar en Cuba*. *Economía y Desarrollo*, vol. 128, nº 1, pp. 167-180.
- Wooldridge, J.M. (2006). *Introducción a la Econometría. Un Enfoque Moderno*. Thomson South-Western, Mason, Ohio. Segunda Edición.

Copyright of Revista Ingeniería Industrial is the property of Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad del Bío-Bío and its content may not be copied or emailed to multiple sites or posted to a listserv without the copyright holder's express written permission. However, users may print, download, or email articles for individual use.